

⑤

Int. Cl.:

H 02 k, 23/02

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑥

Deutsche Kl.: 21 d1, 1

⑩

# Offenlegungsschrift 2062486

⑪

Aktenzeichen: P 20 62 486.6

⑫

Anmeldetag: 18. Dezember 1970

⑬

Offenlegungstag: 6. Juli 1972

Ausstellungsriorität: —

⑭

Unionspriorität

⑮

Datum:

⑯

Land:

⑰

Aktenzeichen:

⑲

Bezeichnung:

Permanenterregte elektrische Maschine

⑳

Zusatz zu:

—

㉑

Ausscheidung aus:

—

㉒

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG: —

㉓

Als Erfinder benannt:

Auinger, Herbert, 8740 Bad Neustadt

BEST AVAILABLE COPY

DT 2062486

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

2062486

Erlangen, 17. DEZ 1970  
Werner-von-Siemens-Straße 50

Unser Zeichen:

(VPA 9/373/0046) Le/Hb.

Permanenterregte elektrische Maschine

Die Erfindung bezieht sich auf elektrische Maschinen, die mittels im Läufer angeordneter Permanentmagnete erregt sind. Maschinen dieser Art sind insbesondere als bürstenlose Synchrongeneratoren und -motoren von Bedeutung und weisen infolge des wicklungslosen Läufers fertigungs- und betriebstechnische Vorteile auf. Ein Nachteil ist jedoch dadurch gegeben, daß man bei den üblichen Ausführungen im Gegensatz zu elektrisch erregten Maschinen nicht die Möglichkeit hat, die Erregerdurchflutung und damit das Hauptfeld der Maschine von außen willkürlich zu beeinflussen.

Zur Beeinflussung des im Läufer permanenterregten Magnetflusses wurde daher bereits vorgeschlagen (P 1 488 353.5-32), parallel zu den Magneten ruhende gesteuerte magnetische Nebenschlußpfade anzuordnen. Je nach Größe und Richtung der Steuerdurchflutung wird dem Permanentmagnetfluß ein beliebig veränderbarer Teilfluß entzogen bzw. hinzugefügt und damit der den Ständer durchsetzende Nutzfluß geschwächt bzw. verstärkt.

Ein anderer Vorschlag(US PS. 2 564 320) geht dahin, den magnetischen Nutzfluß durch Vormagnetisierung des Ständerjoches veränderbar zu machen.

Vorliegende Erfindung beruht ebenfalls auf dem Prinzip einer Sättigungssteuerung. Erfindungsgemäß wird dazu in Nutzfluß

2062486

führenden Teilen des Läufers ein von mindestens einer ruhenden, gleichstromgespeisten Steuerwicklung erregter und die Arbeitswicklung des Ständers nicht durchsetzender steuerbarer magnetischer Zusatzfluß geführt, der den Sättigungszustand der betreffenden Läuferenteile beeinflußt und damit durch Änderung des magnetischen Hauptkreiswiderstandes eine Nutzflußsteuerung bewirkt.

Im Gegensatz zu der oben erwähnten bekannten Sättigungssteuerung, bei der das Ständerpaket durch eine Ringwicklung zirkular magnetisiert wird, ist die erfundungsgemäße Lösung einfacher und wirkungsvoller. Sie benötigt nur koaxiale Ringspulen anstelle einer aufwendigen Ringwicklung rings um das Ständerjoch, was billigere Herstellung, geringeren Kupferaufwand und weniger Steuerleistung mit sich bringt. Außerdem ist die steuernde Sättigungszone ausschließlich in den Läufer verlagert, wo keine sättigungsabhängigen Eisenverluste entstehen. Weiterhin tritt bei der bekannten Lösung die gewünschte Sättigungserhöhung insgesamt nur über eine Umfangshälfte des Ständerjoches auf, während sich im übrigen Teil eine gegensinnige Wirkung ergibt, was bei der vorliegenden Erfindung vermieden ist.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden anhand der Zeichnungen beschriebenen Ausführungsbeispielen. Es zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch den aktiven Teil einer erfundungsgemäßen Maschine in schematischer Darstellung,

Fig. 3 den Querschnitt einer Variante von Fig. 1,

Fig. 4 einen Querschnitt und die

Fig. 5 und 6 Längsschnitte durch den aktiven Teil einer Maschine anderer Bauart,

Fig. 7 von einer weiteren Maschine einen Querschnitt in Paketmitte,

Fig. 8 den Längsschnitt in zwei Ausführungsvarianten und

Fig. 9 einen Querschnitt, der die Polbefestigung zeigt.

209828/0235

Bei der Maschine nach den Figuren 1 und 2 ist in einem amagnetischen Gehäuse 1, vorzugsweise aus Leichtmetall, das lamellierte Ständerpaket 2 mit der Ständerwicklung 3 angeordnet. Auf der Welle 4 ist, gegen Verdrehung durch eine Paßfeder 5 gesichert, der Nabenkörper 6 des permanenterregten Läufers befestigt. Die S-Pole 7 des Läufers bilden mit der Nabe 6 einen zusammenhängenden Polstern, von dem die einzelnen N-Pole 8 durch die Blockmagnete 9 getrennt sind. Der Einfachheit halber wurden die dem mechanischen Zusammenhalt dienenden Konstruktionsteile des Läufers, wie Schrauben, Tragringe u. dgl., ebenso wie die Lagerung der Maschine weggelassen. Die dem Ständer zugewandten Teile 10 des Polsterns 6, 7 sind auf beiden Seiten axial verlängert und münden in je einen unmittelbar anschließenden Ring 11. Die als magnetische Rückschlußkörper dienden Lagerschilder 12 tragen je eine als konzentrische Ringspule ausgeführte Steuerwicklung 13. Über äußere und innere Hilfsluftspalte 14 a und 14 i wird die magnetische Verbindung der ruhenden Rückschlußkörper 12 zum Ring 11 bzw. zur Welle 4 und Nabe 6 hergestellt. Je nach Größe des in den Spulen 13 fließenden Steuerstromes wird ein magnetischer Steuerfluß  $\Phi_S$  erzeugt, der seinen Verlauf wie in Fig. 2 angedeutet in zwei parallelen Kreisen nimmt. Er durchsetzt den aus verlängerten Polteilen 11, Rückschlußkörper 12, inneren und äußeren Hilfsluftspalten 14 i und 14 a sowie Welle 4 bzw. Nabe 6 gebildeten Nebenkreis und überlagert sich innerhalb der Polschäfte 7 dem magnetischen Nutzfluß  $\Phi_N$ . In Fig. 1 sind beide Flußverläufe schematisch eingetragen, wobei mit  $\odot$  und  $\otimes$  Flußein- bzw. -austritt senkrecht zur Bildebene angedeutet ist.

Wie das Querschnittsbild Fig. 1 zeigt, ist der zusammenhängende Polstern 6, 7 derart mit nierenförmigen Ausstanzungen 15 versehen, daß sich im Bereich der Polschäfte 7 magnetische Engpässe ergeben. Mit der Größe des Steuerflusses läßt sich der Sättigungszustand in den zusammenhängenden Läuferpolen 7 beliebig einstellen. Mit anderen Worten, es ist auf diese Weise möglich, den magnetischen Widerstand im Hauptkreis zu beeinflussen und damit die Maschine sättigungssabhängig zu steuern.

2062486

Anstelle von nierenförmigen Ausnehmungen nach Fig. 1 können zur Erzielung der gewünschten Sättigungszonen auch z.B. schrägestellte Schlitze oder Bohrungen angeordnet werden. An sich sind hier alle bekannten Ausführungsformen von magnetischen Isthmussenstellern anwendbar. Sehr günstig ist es, wenn man den zusammenhängenden Polstern von Haus aus mit verringertem Querschnitt ausführt, wie in Fig. 3 dargestellt. Besondere Ausnehmungen zur Schaffung von Sättigungszonen erübrigen sich dann, und gleichzeitig wird die Unterbringung eines höheren Magnetvolumens ermöglicht.

Bei dem in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Polschuhe 10 der einen Polarität nach beiden Stirnseiten hin axial verlängert. Es können diese Polschuhe aber auch nur in Richtung einer Stirnseite axial verlängert sein, wobei dann nur auf dieser Seite ein entsprechender Rückschlußkörper 12 mit Steuerwicklung vorgesehen ist.

Gegenüber der Letztgenannten Variante ermöglicht jene nach Fig. 2 Maschinen mit doppelter Länge, da in diesem Fall der Steuerfluß hälftig auf die beiden Stirnseiten verteilt ist. Zweckmäßig werden hier die beidseitigen Steuerdurchflutungen dauernd gleich groß gemacht, wodurch sich ihre magnetische Wirkung auf die Welle aufhebt. Da damit keine Ursache für einen parasitären Lagerströme hervorrufenden magnetischen Fluß durch Welle, Lagerschilde und Gehäuse der Maschine besteht, ist es hier nicht erforderlich, zumindest einen der drei genannten Teile aus amagnetischem Werkstoff auszuführen, wie es bei der anderen Variante nötig ist.

Bei dem in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die verlängerten gleichnamigen Polschuhe mit Hohlyzählern 11 untereinander verbunden. Die verlängerten Polschuhe können auch unmittelbar auf einen ruhenden Rückschlußkörper einwirken. In diesem Fall muß aber der ihnen zugewendete Teil des Rückschlußkörpers geblecht sein.

In den Figuren 4, 5 und 6 ist ein Ausführungsbeispiel einer Maschine dargestellt, bei der eine besonders gute Ausnutzung des aktiven Volumens erfolgt. In einem amagnetischen Gehäuse 16 ist

ein geblechter Ständer 17 mit einer Ständerwicklung 18 angeordnet. In beiderseitig angebrachten Lagerschilden 19 und 20 ist in Lagern 21, 22 eine Welle 23 gelagert. Auf der Welle 23 ist mit einer beideitig verlängerten Nabe 24 ein Polstern 25 befestigt. Alle Polteile des Polstern 25 gehören derselben Polarität an. Mit 26 sind die Polteile der anderen Polarität bezeichnet, die in die Zwischenräume des Polsterns 25 unter Einfügung der Dauermagnete 27 in die verbleibenden Pollücken eingesetzt sind. Die eingesetzten Polteile 26 haben schwabenschwanzförmige Ansätze 26 a (Fig. 6) zur Befestigung mittels entsprechend geformter Ringteile 28 und 29. Diese Ringteile 28 und 29 sind aus amagnetischem Material gefertigt, werden von der Nabe 24 getragen und sind mittels Schrauben 30, 31 an dem Polstern 25 befestigt. Mit Hilfe der Schrauben 31 ist noch ein Lüfter 32 angebracht.

Zur Erzielung des erfindungsgemäßen Sättigungsflusses sind die Polteile 25 in axialer Richtung verlängert. Die verlängerten Teile 33 wirken über einen Luftspalt magnetisch mit einem lamellierte Eisenring 34 zusammen, der im Lagerschild 20 befestigt ist. Der Schild 20 ist aus magnetisch leitendem Material gefertigt, nimmt das Lager 22 auf und trägt an hohlzylindrischen Ansätzen 35 und 36 zwei Steuerwicklungen 37 und 38. Diese Ansätze sind so ausgebildet, daß sie mit dem verlängerten Nabenteil 24 zylindrische Luftspalte 39 und 40 bilden, die vom magnetischen Steuerfluß durchsetzt werden. Die Aufteilung der Steuerwicklung erfolgt in erster Linie wegen der guten Raumausnutzung. An Stelle der beiden Steuerwicklungen kann selbstverständlich eine einzige verwendet werden. Die Wirkungsweise ist praktisch dieselbe wie bei dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 mit einseitigem magnetischen Nebenkreis. Auch hier kann ein dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 entsprechender Aufbau der Maschine vorgenommen werden, indem die Polteile 25 beidseitig in axialer Richtung verlängert und demgemäß die Teile 34, 35, 36, 37, 38 an beiden - gleichartig ausgebildeten - Lagerschilden angeordnet sind, womit der Steuer-

fluß auf zwei Hälften aufgeteilt und eine größere axiale Erstreckung der Maschine möglich ist.

eu

Zur Verstärkung des Sättigungseffektes sind auch bei diesem Beispiel durch jeweils drei Bohrungen 41 gebildete magnetische Isthmusstellen im Polstern 25 angeordnet, von denen die mittlere gleichzeitig als Gewindeloch für die aus amagnetischem Werkstoff bestehenden Schrauben 30 und 31 dient.

Die im wesentlichen in tangentialer Richtung magnetisierten Permanentmagnete 27 sind zwischen den benachbarten Polteilen 25 und 26 eingesetzt und füllen die Pollücken vorzugsweise vollständig aus. Diese Bauart ist für Ferritmagnete besonders geeignet, da der Magnetquerschnitt bedeutend größer als der Luftschnittquerschnitt bemessen werden kann und sich gleichzeitig zwanglos geringe Magnellängen - in Kraftlinienrichtung - ergeben. Durch die magnetische Nutzbarmachung des Pollückenvolumens bei gleichzeitiger Unterdrückung der Polstreuung im aktiven Läuferteil wird eine gute Ausnutzung erzielt. Die Unterdrückung der Streuung ist insofern zulässig, als bei den magnetisch isotropen Ferriten eine irreversible Entmagnetisierung durch Kurzschlüsse oder Läuferausbau überhaupt nicht zu befürchten ist, während bei magnetisch hochwertigen Ferriten mit Vorzugsrichtung die Kurzschlußsicherheit z.B. durch den erfindungsmaßen magnetischen Nebenschluß erreicht werden kann.

Ein von den bisher beschriebenen Beispielen abweichender Verlauf des Sättigungssteuerflusses ist bei der Maschine nach den Figuren 7, 8 und 9 gegeben. Der Querschnitt nach Fig. 7 ist ähnlich jenem nach Fig. 1. Die Welle 42 trägt den aus Nabe 43 und den S-Polen 44 gebildeten Polstern. Die Einzelpole 45 der N-Polarität sind vom Polstern 43, 44 durch die zwischenliegenden Blockmagnete 46 getrennt.

Bei der in Fig. 8 links gezeichneten Variante 1 sind die axial verlängerten Einzelpole 45 mittels Schrauben 46 an einem mitrotierenden ferromagnetischen Drehkörper 47 befestigt. Letzterer

steht über Hilfsluftspalte 48 mit dem als Rückschlußkörper dienenden Lagerschild 49 magnetisch in Verbindung. Der Lagerschild 49 trägt die Steuerspule 50 und nimmt über eine magnetisch isolierende Buchse 51 das Wälzlager 52 auf. Im Gegensatz dazu wirken bei Variante 2 die axialen Verlängerungen 53 der Einzelpole 45 unmittelbar, d.h. unter Fortfall eines mit rotierenden ferromagnetischen Drehkörpers über den Luftspalt 54 mit dem Blechpaket 55 des magnetischen Rückschlußkörpers zusammen. Der weitere magnetische Nebenschlußkreis wird, ebenso wie bei Variante 1, durch das Gehäuse 56 gebildet, welches das Ständerblechpaket 57 mit der Arbeitswicklung 58 trägt. Die Steuerwicklung 59 ist radial über der Arbeitswicklung 58 in den axialen Raum zwischen Ständerblechpaket 57 und Hilfspaket 55 gelegt. Mit 60 ist der rechte Lagerschild der Maschine bezeichnet, in welchem die Welle 42 mittels Wälzlager 61 gelagert ist. Zur mechanischen Befestigung der ausladenden Polverlängerungen 53 dienen die in eine auf der Welle befestigten amagnetischen Tragscheibe 62 eingreifenden Schrauben 63.

Wie in Fig. 7 und 8 angedeutet, verläuft der Steuerfluß  $\Phi_S$  über Hilfsluftspalte 48 bzw. 54, den aus Gehäuse 56, Lagerschild 49 bzw. Blechpaket 55 gebildeten ruhenden magnetischen Rückschlußkörper und durchsetzt die Einzelpole 45 in axialer Richtung. Mit Zeichen  $\odot$  ist in Fig. 7 wieder der Flußverlauf senkrecht zur Bildebene angedeutet. Steuerfluß  $\Phi_S$  und Nutzfluß  $\Phi_N$  verlaufen also in den als erfindungsgemäße Sättigungszone des magnetischen Hauptkreises dienenden Einzelpolen 45 in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen. Im Gegensatz dazu hatten in den gemeinsam durchsetzten Läuferteilen der zuvor beschriebenen Beispiele Nutz- und Steuerfluß im wesentlichen dieselbe Richtung. Die sättigungssteuernde Wirkung ist also jetzt infolge der geometrischen Addition beider Teilflüsse etwas schwächer ausgeprägt ; d.h. zur Erzielung einer gleichstarken Sättigungserhöhung ist im Beispiel nach den Figuren 7 bis 9 ein vergleichsweise größerer Steuerfluß notwendig. Dieser an sich nachteilige Effekt wird jedoch durch die günstigere Flußführung - von den axial verlängerten Polteilen radial nach außen zum Gehäuse und nicht

mehr nach innen zur Welle hin - bei der naturgemäß viel größere Flußdurchtrittsquerschnitte zwanglos zur Verfügung stehen, wieder wettgemacht. Außerdem läßt sich auch hier durch geeignet angeordnete magnetische Isthmusstellen die Sättigungssteuernde Wirkung bedeutend verstärken.

---

10 Ansprüche

9 Figuren

Patentansprüche

(1) Permanenterregte elektrische Maschine mit im Läufer angeordneten Dauermagneten, dadurch gekennzeichnet, daß über nutzflußführende Teile des Läufers ein von mindestens einer ruhenden, gleichstromgespeisten Steuerwicklung (13; 37, 38; 50; 59) erregter und die Arbeitswicklung (3; 18; 58) des Ständers nicht durchsetzender steuerbarer magnetischer Zusatzfluß ( $\Phi_S$ ) geführt ist, der den Sättigungszustand der betreffenden Läuferteile beeinflußt und damit durch Änderung des magnetischen Hauptkreiswiderstandes eine Nutzflußsteuerung bewirkt.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle gleichnamigen Pole des Läufers einen zusammenhängenden, auf der Welle befestigten Polstern (6, 7; 24, 25; 43, 44) bilden, von welchem die einzelnen Pole (8; 26.; 45) der anderen Polarität durch eingefügte Dauermagnetblöcke (9; 27; 46) getrennt sind.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Ständer zugewandten Teile (Polschuhe 10) des Polsternes (6, 7) axial verlängert sind und der den steuerbaren Zusatzfluß ( $\Phi_S$ ) führende magnetische Nebenkreis über Hilfsluftspalte (14) durch ruhende Rückschlußkörper (12) und den nabenseitigen Teil (6) des Polsternes verläuft.

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückschlußkörper im wesentlichen durch die Lagerschilde (12) der Maschine gebildet sind, wobei entweder der Steuerfluß einseitig geführt ist und nur einen die Steuerwicklung (15) tragenden Lagerschild durchsetzt, oder in zwei parallelen Kreisen über beide Lagerschilde verläuft, wozu die den Zusatzfluß steuernden Wicklungen hälftig den beiden Lagerschilden zugeordnet sind.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Sättigungssteuerung dienende magnetische Nebenkreis durch axiale Verlängerung (47; 53) der zwischen den Permanentmagneten (46) liegenden Finzelpole (45), Hilfsluftspalte (48; 54) und daran anschließende, ruhende magnetische Rückschlußkörper (49; 55) gebildet ist.
6. Elektrische Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die ruhenden magnetischen Rückschlußkörper im wesentlichen durch zumindest ein Lagerschild (49) und/oder das Gehäuse (56) der Maschine gebildet sind, wobei die den Zusatzfluß steuernden Wicklungen (50; 59) vorzugsweise hälftig axial zu beiden Seiten des Ständers (57) angeordnet sind.
7. Elektrische Maschine nach den Ansprüchen 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Bildung des steuerbaren magnetischen Nebenschlußkreises axial verlängerten Polteile durch einen unmittelbar anschließenden, mitrotierenden ferromagnetischen Drehkörper (11; 47) zusammengefaßt sind, der über Hilfsluftspalte mit dem ruhenden Rückschlußkörper magnetisch verbunden ist.
8. Elektrische Maschine nach den Ansprüchen 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die axial verlängerten Polteile (33; 53) unmittelbar über einen Luftspalt mit dem ruhenden Rückschlußkörper magnetisch verbunden sind und dieser, zumindest hinsichtlich des von den Polteilerverlängerungen bestrichenen Teiles (34; 55), geblecht ausgeführt ist.
9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch die Anordnung von magnetischen Isthmusstellen, wie Ausnehmungen (15; 41), Engpässen u. dgl. in jenen Teilen des Läufers, die sowohl vom Nutzfluß als auch vom steuerbaren Zusatzfluß durchsetzt sind.

11

2062486

10. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Lager der Maschine in  
sich bekannter Weise z.B. durch amagnetische Buchsen,  
Leichtmetallagerschilde, amagnetische Wellenstümpfe  
od. dgl. magnetisch isoliert sind.

209828/0235

2062486

21 d 1 - 1 - AT: 18.12.1970 OT: 06.07.1972

- 15 -

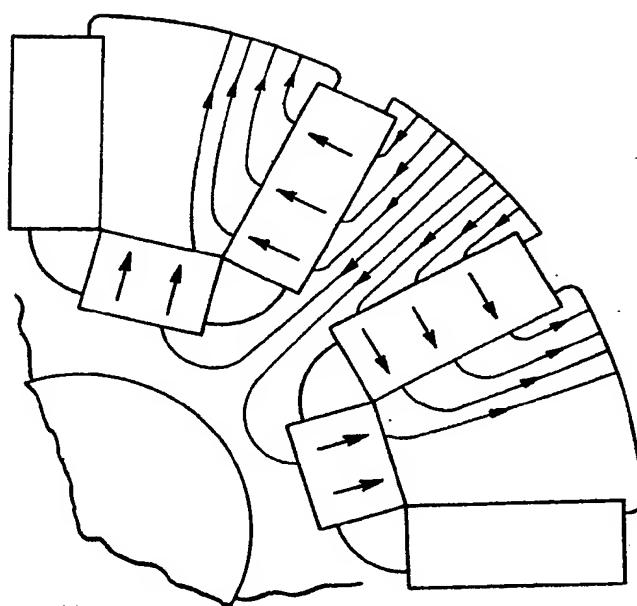


Fig. 3

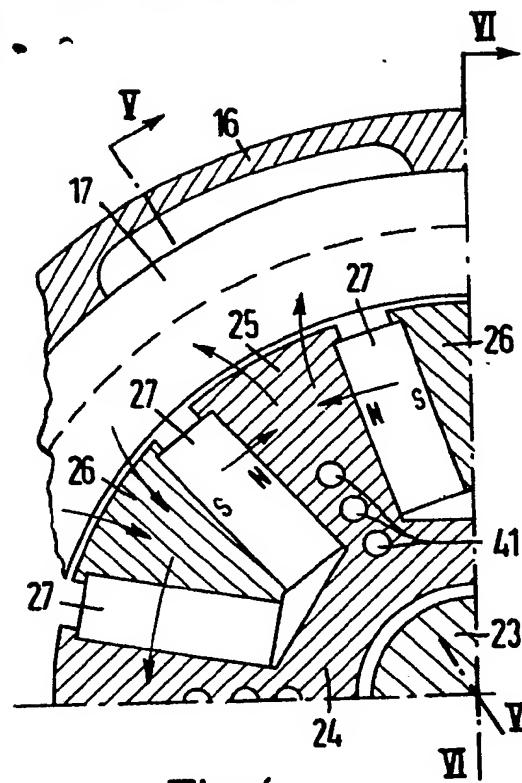


Fig. 4

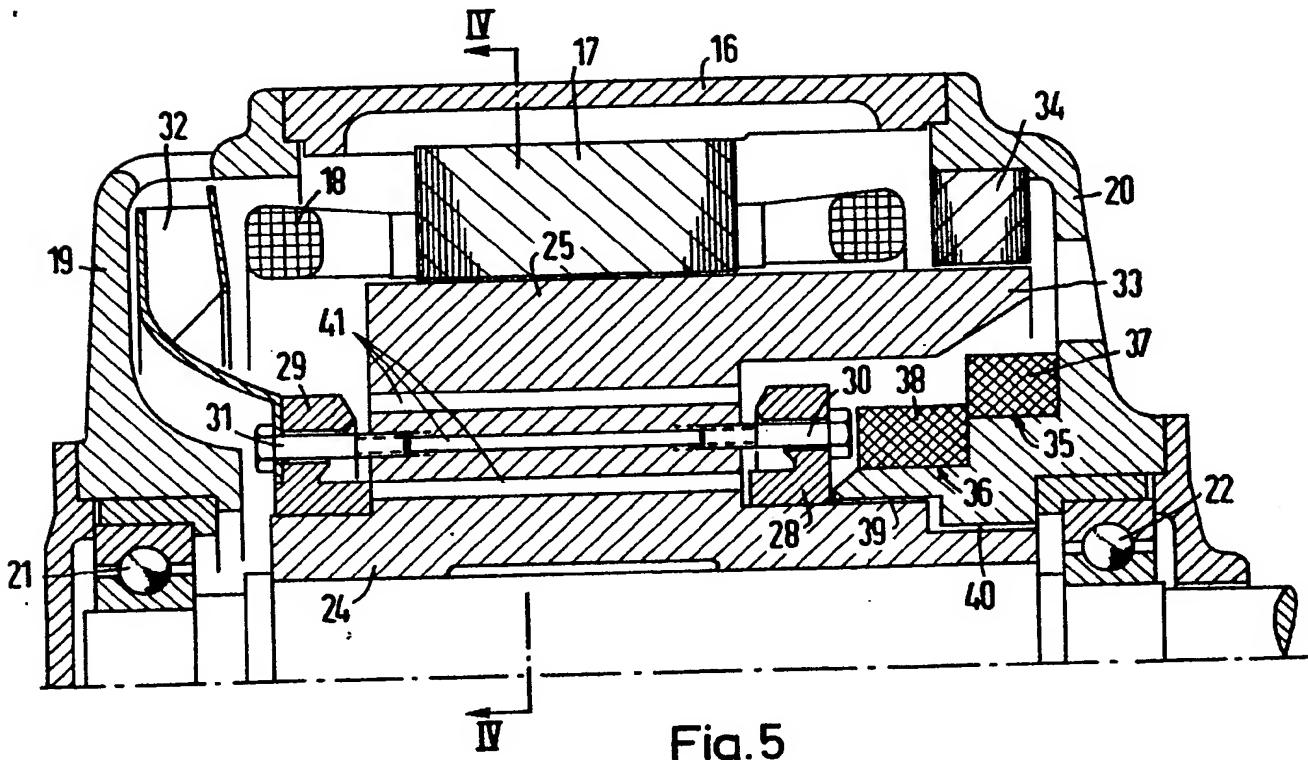


Fig. 5

209828/0235

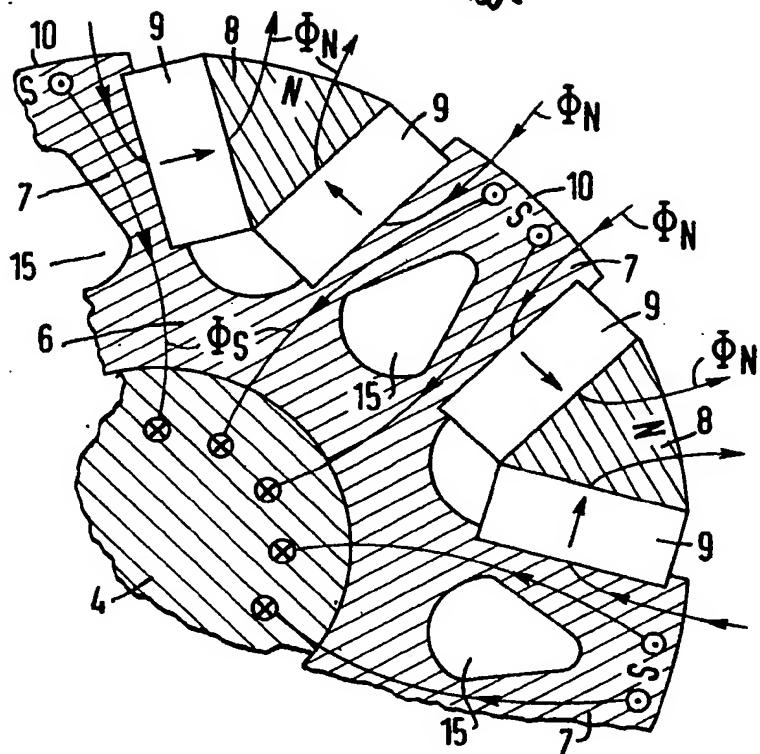


Fig. 1

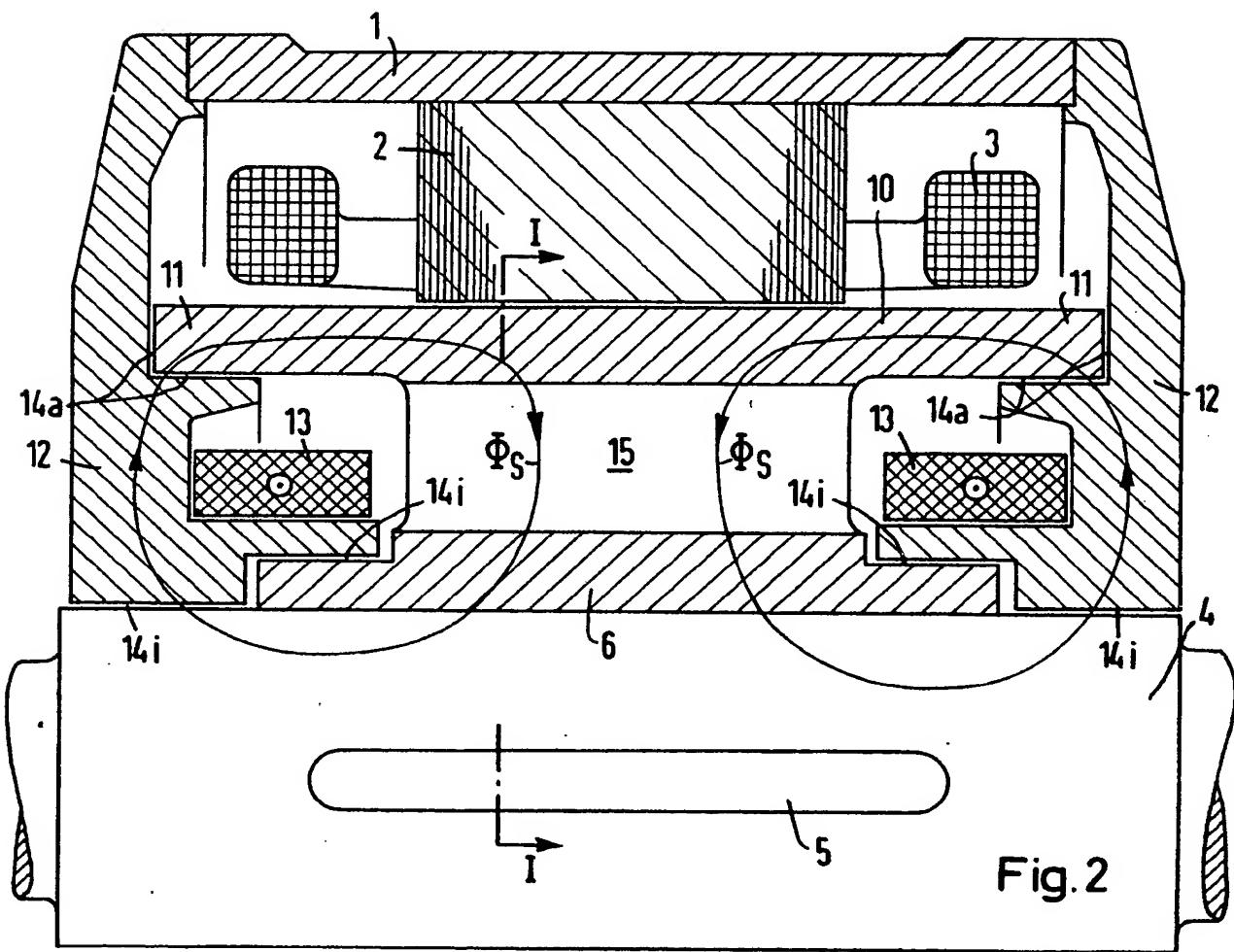


Fig. 2

209828/0235

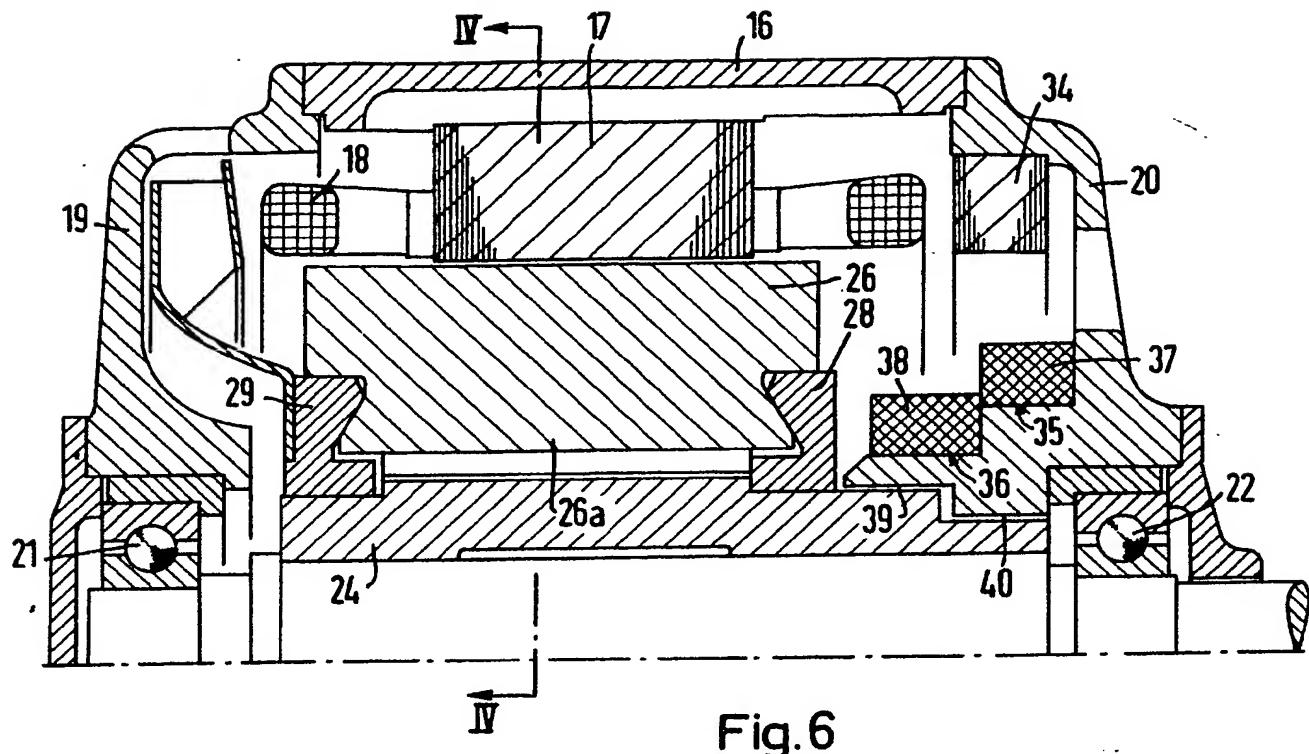


Fig. 6

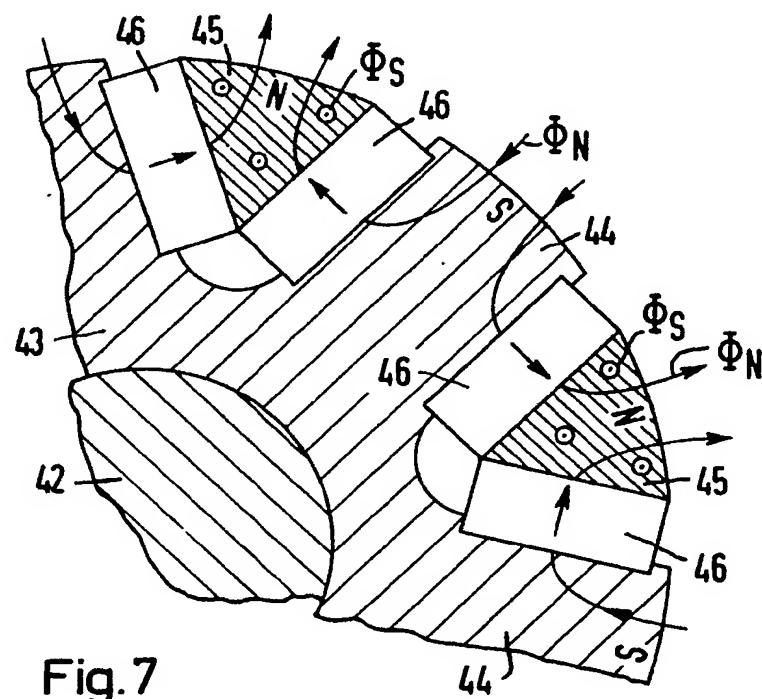


Fig. 7

209828 / 0235

- 74 -

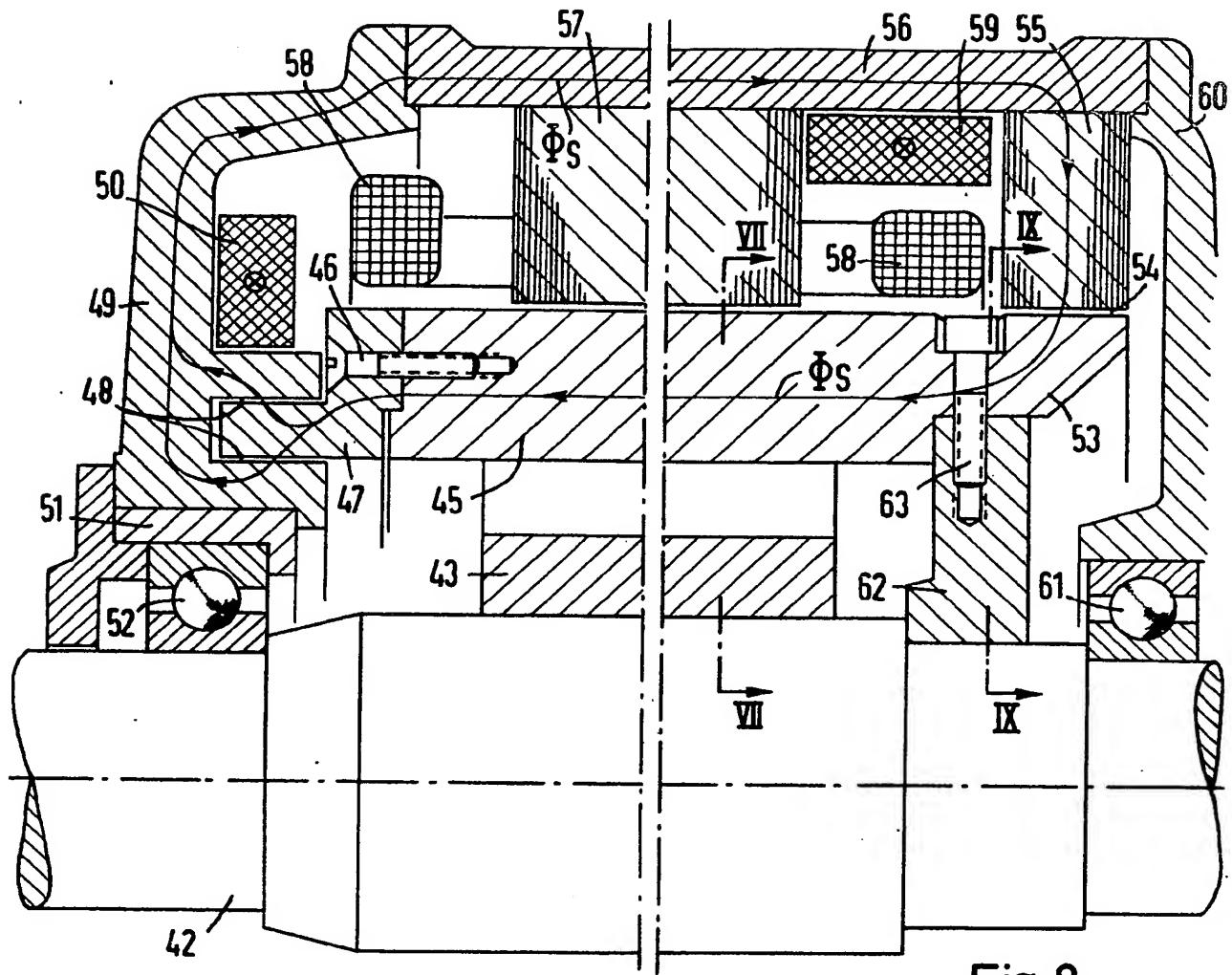
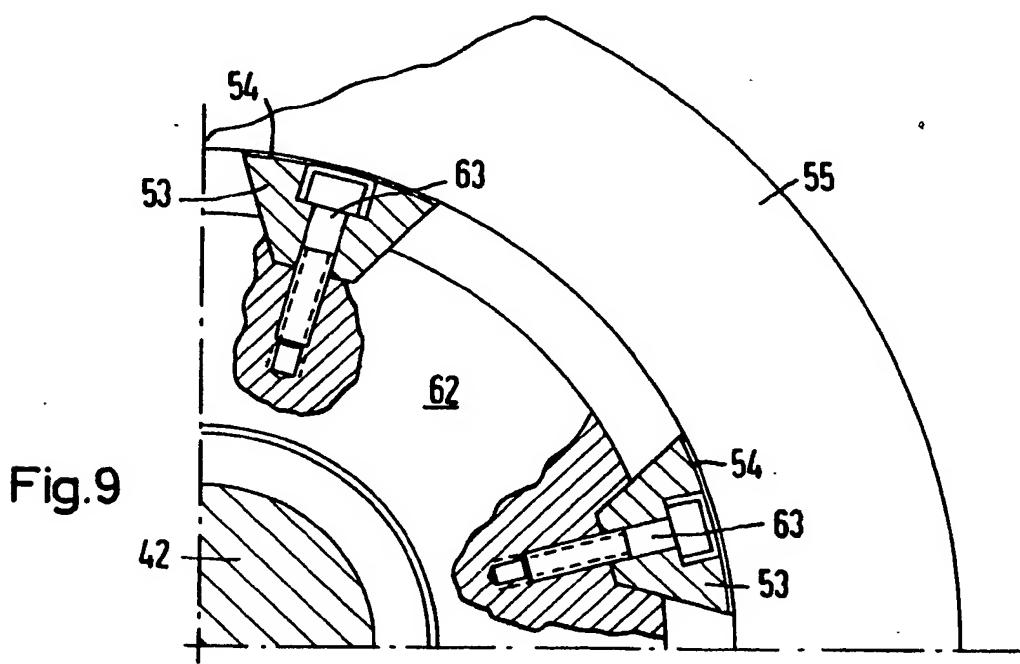


Fig. 8



209828/0235

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)